

雨水資源再利用(Storm water Re-Use)

陳賜賢

臺灣省水利技師公會榮譽理事長/臺灣雨水利用協會秘書長

一、前言

台灣自 1981 年代開始的高度經濟成長導致人口及產業急遽往都市集中，大都市周邊，例如大台北地區南港內湖區積極開發為住宅用地，使得都市區域迅速擴大。由於像這樣的都市化，都市土地被整治高度利用，明顯提高了居住於此的人之便利性。不過就另一方面而言，都市化導致雨水的滲透區域擴大，以致明顯減低這些土地曾經所具有的保水機能與蓄水機能。因都市發展造成地貌及水文循

環系統改變，在都市開發過程常被忽略其潛在風險因而水患頻繁發生，如下圖 1 為台北市大湖山莊街都市開發過程將河川水道改為街道導致洪患發生，也因內湖區持續開發，地下水量減少，使得雨水迅速流入側溝及河川裡，增加河川氾濫機率；在此同時因水循環被破壞導致一方面發生洪患，另一方面卻水資源不足，事實上 20 世紀以前，許多未開發國家鄉村地區因水資源供給設施不足還依靠雨水的收集(如下圖 2)。雨水儲存設施的設置，與河川整修一樣，是因應因開發而產生變化的雨水之流出機

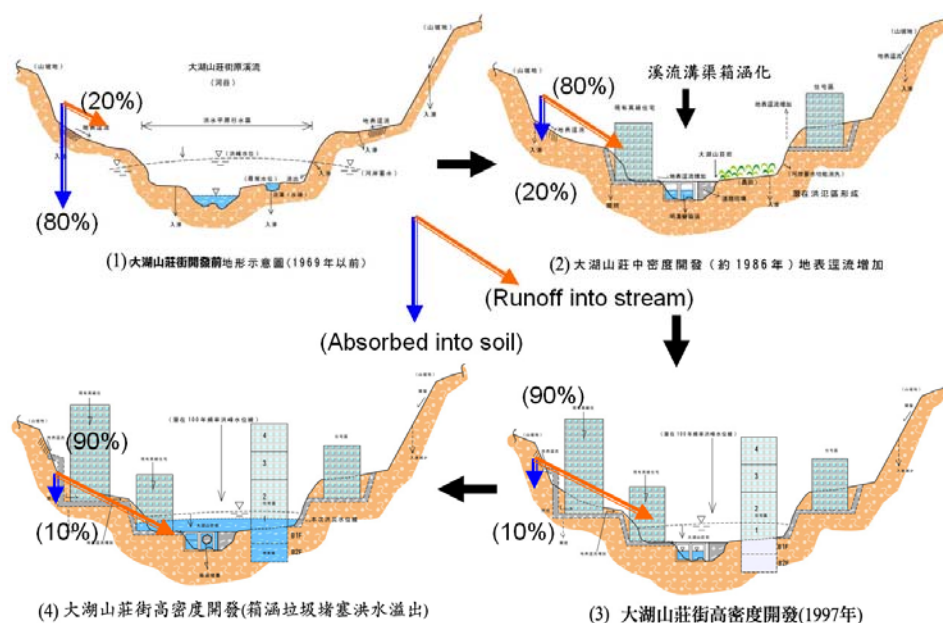


圖 1：台北市大湖山莊街都市開發過程將河川水道改為街道過程

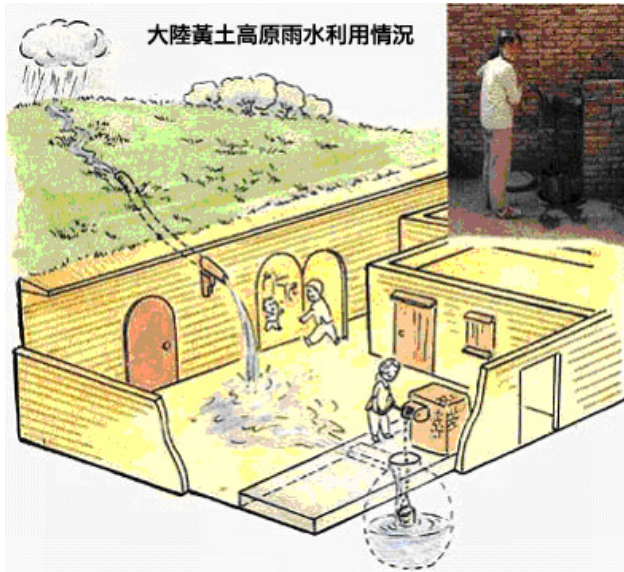


圖 2：中國大陸黃土高原充分利用雨水資源情形

構的一種方法。有關雨水儲存設施的計劃，不僅要考量到流出調節功能，也必須從再次認識開發、治水，以及像這樣與河畔環境有關的現狀來開始。因此如何降低洪峰量體之綜合治水對策應被同時考量，其中雨水截留系統設置

(rainwater harvesting system) 於國內外之評估，結果皆認為對都市洪峰有抑制效益，其可減輕地表逕流及延緩洪峰集中時間。

二、 雨水利用意義

雨水利用理念為模擬開發前的土地現況其具有之土壤綠帶的保水、儲水功能，改以建築物等人工構造轉變恢復其一部份功能，如下圖 3 利用排水構造物觀念改變即可補充地下水及降低洪峰量。

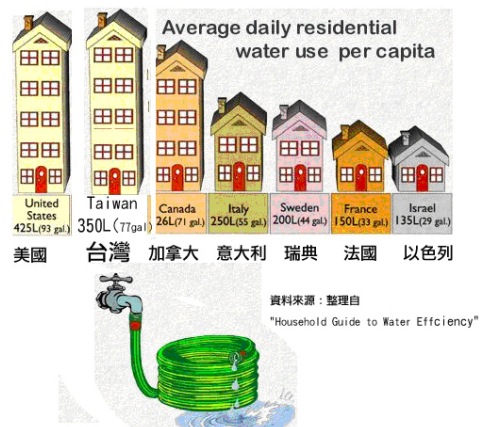
尤其台灣地區之用水量遠超過世界各國平均用水量如下圖 4，也就是說，一方面必須盡量將因開發等造成變化的水循環，修復到接近原本的水循環，同時保存雨水，這不僅是對水資源保存並且是保護有限地球資源。



圖 3：滲透型陰井及滲透型水溝，補充地下水及降低洪峰量

珍惜水資源的理由

世界各國每人每天平均用水量統計：



依據行政院國情統計資料台灣地區
每人每天用水量平均約 350 公升
大台北地區甚至達 500L / 每天 / 每人
遠高於世界各國用水量

圖 4：台灣地區用水量與世界各國比較圖

三、雨水運轉系統之建立

要如何夠建立一個適當運轉雨水運轉利用系統，通常可概分為五個主要部份，如下圖 5，說明如下：

(1) 屋頂集水區面積(Catchment area)

泛指雨水降落時的表面範圍，通常是房子或者房頂頂棚。就雨水收集而言其材料以金屬或者磚瓦的房頂較適當。如果屋頂使用包括的鉛或易污染之材料時應該避免或標示警示油漆等記號避開污染。

(2) 落水管輸送與排放水管(Gutters and down pipes)

將屋頂之雨水導入水箱桶內之輸水設備。應該選擇適當尺寸安裝，俾充分發揮收集足量的雨水。通常往下排放水管(down pipes)若其通水斷面積不足時，常導致在暴雨時宣洩不及引起集水管的溢出(overflow of gutters)。經驗法則，以 90mm 之往下排放水管(down pipes)及 150mm 之集水管(gutters)能夠處理屋頂集水區面積為 95m^2 ，在降雨量為 30mm 及降雨延時約 10 分鐘之雨水順利導流。

(3) 濾水器：樹葉遮蔽過濾器與分流器(Leaf screens and first flush diverters)

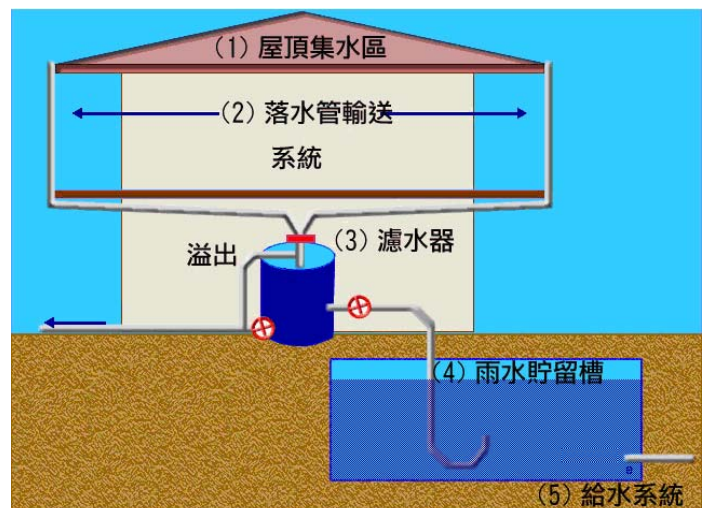
這些設備用來在雨水注入水箱前,包括使初期之雨水溢流到分流器及排除污染物質。標準的雨水集水桶入口點通常比較緊,原因為避免蚊蟲出沒及雜物葉子等流入。

(4) 雨水貯留槽集水桶(Storage

tank)

它當然是任何雨水收集系統最重要之一部分。欲選擇所需要的 Storage tank 其尺寸大小取決於收集水的用法、該地區降雨量、集水桶價格和可擺設空間。為使雨水集水桶(Storage tank)充分發揮其效率，一般來說應儘可能的使雨水收集點和使用點靠近作為設置點。同時對集水桶輸送、搬運、安裝之情況亦需加以考慮，在可能乾旱的期間從是否可以經由載水貨車注入集水桶之方便考量。並且也將需要考慮地點準備，不要忘記水的重量，每公升水重一千公克。如果考慮經由重力供給系統，直立雨水收集桶型式必需優先選擇。

雨水收集桶的尺寸可由日常使用量及屋頂可集水面積計算。一般地區之花園灌溉用水通常設置約 5,000L(5 噸) 之水箱便足夠耐久乾旱。



雨水利用主要區分為：(1) 屋頂集水區
(2) 落水管輸送系統
(3) 過濾處理
(4) 雨水貯存系統
(5) 給水系統

圖 5：雨水運轉系統結構區分圖

(5) 給水系統：出水口(Outlets)

當然為使水從水箱罐內流出來。在直立水箱罐裝置一個軟管，以滿足或者供給花園澆灌使用。一般家庭設備要能承受 20 磅/平方英寸，及抽水使用壓力 pump。

四、雨水貯水槽決定

雨水儲存設施，依儲存形態等可分為各種形式，在設計時要綜合考量地形、地質、土地利用、安全性、維護管理等因素，以建造出因應設施特性的適當結構形式。一般而言可分為：(1)小規模儲存設施（一般的家庭可使用）(2)中大規模儲存設施（從一般的家庭到大樓等大規模的建築物都可利用。）以下為簡單之判定方式：

雨水貯存桶容量決定？

1. 依據日常需水使用量來決定。

使用項目	日需水量	年計需水量
廁所沖洗 (4 人)	72 litres (Water-efficient toilet)	26,280 litres
一般花園澆灌	260 litres	94,500 litres
當地澆花	0-3 litres per m ²	0-1000 litres per m ²
灌木花園	8 litres per m ²	3000 litres per m ²
蔬菜園區	14 litres per m ²	5000 litres per m ²
洗澡 (4 人)	252 litres (Water-efficient, AAA-rated showerhead)	92,000 litres
洗衣機用水	50 litres (AAA-rated front-loader)	18,250 litres
	18 (AAA-rated)	6,600 litres
戶外用水洗車等	5 litres	2,000 litres

雨水貯水槽選擇參考

用途	貯水量 (m ³)	貯水槽型式
庭園澆灌	0.2~0.5	地上貯水桶
庭園澆灌+洗車	1~5	地上(下)貯水桶
庭園澆灌+洗車+其他用水	8~10	地下貯水桶

雨水貯存桶容量決定？

2. 依據屋頂面積及該區降雨量判斷。

屋頂面積 (m ²)	集水量 (公升)	廁所沖洗用量 (公升)	貯存桶容量 (公升)
60	120,000	72	4,320
150	300,000	180	10,800
180	360,000	216	12,960
210	420,000	252	15,120
240	480,000	288	17,280
270	540,000	324	19,440
300	600,000	360	21,600
1,000	2,000,000	1,200	72,000
2,000	4,000,000	2,400	144,000
3,000	6,000,000	3,600	216,000

本表計算方式係依據台灣地區年平均降雨量 2500mm 及流出係數 0.8 計算，並假設連續 60 天未降雨情況下估算作為廁所沖洗使用時之雨水貯存桶容量。

雨水貯存桶容量決定？

3. 依據屋頂面積簡易計算。



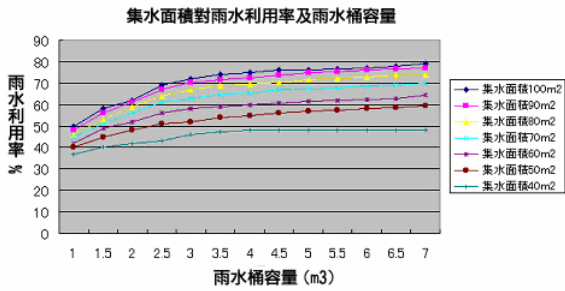
例如：屋頂面積 150m² 之地區
年平均降雨量 2500mm 則其
雨水桶容量？

$$\begin{aligned}
 V &= 150 \text{ m}^2 \times 2500 \text{ mm/年} \\
 &= 375 \text{ m}^3 \\
 &= 375,000 \text{ 公升/年} \\
 &= 1000 \text{ 公升(平均)/天}
 \end{aligned}$$

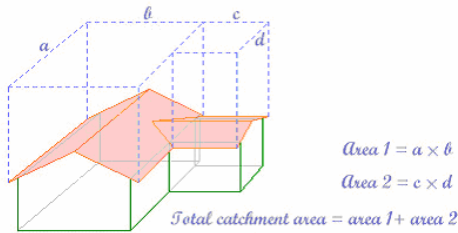
考慮屋頂雨水蒸發、飛濺、初期酸雨等排除
約 10~20 % 損失 因此所需
雨水桶貯存量

$$V = 800 \text{ 公升}$$

4. 依據經驗曲線判斷



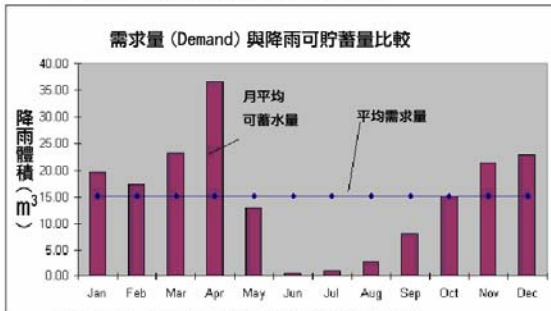
屋頂集水區有效面積計算：



一般經驗值：

用途	貯水量(m³)	形式
庭園灑水	0.2-0.5	地面型貯水桶
庭園灑水 + 洗車	1-5	地面或地下型貯水桶
庭園灑水 + 洗車 + 廁所	8-10	地下型貯水桶

5. 由該區降雨組體圖平均值判斷



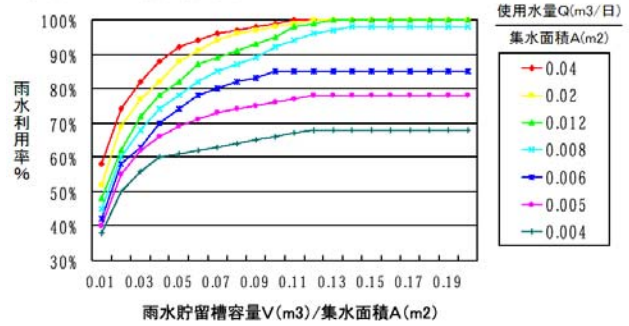
由上圖可判知最適當平均線約 15m³

在操作方面儘可能利用該年春雨蓄水
供夏季乾旱使用；實際情況依該區降
雨特性及歷年來水文統計判斷

五、 結論

雨水利用理念為模擬開發前的土地現況其具有之土壤綠帶的保水、儲水功能，改以建築物等人工構造轉變恢復其一部份功能。使降落到地表上的雨水能依循原本「水循環」路徑前往，「水循環再生系統」則是藉由雨水之儲存滲透補

雨水貯存桶容量決定 6. 參考相關經驗曲線

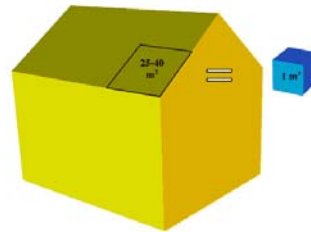


集水區面積 A 50m²
使用量Q廁所沖洗4名×60 L=240 L 洗手 10 L 計250 L
使用量Q/集水區面積A=0.005
計畫線圖
雨水利用率 55% 之情況 → X 軸0.02
雨水貯留槽容量V(m³)/集水區面積A(m²)=0.02
→雨水貯留槽容量 1m³
雨水利用量=雨水集水量×雨水利用率
→ 50m²×1,500mm×90%(流出係數)×55%=37.5m³
雨水利用率 75% 之情況 → X 軸 0.09
→雨水貯留槽容量 4.5m³ 雨水利用量 50.6m³

雨水貯存桶容量決定

7. 由國外使用經驗大約

25-40m² ---> 1 m³
屋頂面積 貯水桶容量



因此例如：

屋頂面積 100 m² (約 33 坪)
---> 貯水桶容量為 2.5-4 m³
-----> 依住宅是否有足夠空間及經濟
效益選擇

充河川基流量、生態需水量，並豐富河川水邊空間之土地使成一多元化之水環境。不過被儲存後的雨水，只要在大地上不還原為地下水，充其量只是截斷來自於開發地區的尖峰流出量後水平化，而流出量本身並不會被抑制。不過此情形並不只是流出抑制方法的問題。將隨著開發而損失的自然的水循環，以接近現況的形式進行重現，藉由將雨還原到地下，可以讓大地的保水能力發揮功能並培養地下水。

參考文獻

- (1) 陳賜賢、李方中，雨水截留系統設置對汐止水患降低之評估，第六屆海峽兩岸水利科技交流研討會論文，90年9月，大陸福州市。
- (2) 陳賜賢、蔡文豪，河谷地都市化之洪災潛勢-以台北市內湖區大湖山莊街水患為例，第四屆海峽兩岸水利科技交流研討會論文，87年12月，台北市，台灣大學。
- (3) 東京都環境局：東京都雨水浸透指針解説（2001）。
- (4) 東京都都市計画局：水の有効利用促進要綱（2003）。
- (5) 東京都総務局：第55 回東京都統計年鑑（2005）。
- (6) 東京都墨田区：一粒の雨をオワシスに（1989）。
- (7) 村瀬 誠：環境シグナル、北斗出版（1996）。
- (8) 東京都公害局：地下水収支調査報告書（1980）。
- (9) グループ・レインドロップス編著：やってみよう雨水利用、北斗出版（1994）。
- (10) 和波一夫ら：雨水循環に関する研究（その1）、東京都環境科学研究所年報、110-116（2004）。
- (11) 日本大田區雨水流出抑制施設技術指針，平成10年。